

PERTUMBUHAN SEMAI *Alstonia scholaris*, *Acacia auriculiformis* dan *Muntingia calabura* YANG DIINOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA PADA MEDIA TANAH BEKAS TAMBANG KAPUR

(Growth of Alstonia scholaris, Acacia auriculiformis and Muntingia calabura Seedlings that was Inoculated by Arbuskular Mycorrhiza Fungi on Postmining Limestone Soil)

Retno Prayudyaningsih

Balai Penelitian Kehutanan Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 16. Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia, Kode Pos 90243
Telp. (0411) 554049, Fax. (0411) 554058
Email: prayudya93@yahoo.com

Diterima 8 Juli 2013; revisi terakhir 23 September 2013; disetujui 10 April 2014

ABSTRAK

Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan alternatif untuk menghasilkan bibit berkualitas. Bibit bermikoriza mempunyai daya hidup lebih tinggi, terutama pada kondisi lahan yang sangat ekstrim seperti lahan bekas tambang kapur. Selain itu, penggunaan jenis tanaman yang tepat dapat mendukung keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang. *Alstonia scholaris*, *Acacia auriculiformis* dan *Muntingia calabura* merupakan jenis tanaman yang toleran terhadap tanah miskin hara dan alkalin seperti lahan bekas tambang kapur. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh inokulasi FMA indigen dari tanah bekas tambang kapur terhadap respon pertumbuhan tanaman *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura*. Rancangan acak lengkap dengan perlakuan inokulasi FMA indigen jenis *Acaulospora sp.*, *Gigaspora sp.*, *Mix* (campuran *Acaulospora sp.* dan *Gigaspora sp.*), tanpa inokulasi FMA (kontrol negatif) dan inokulasi FMA non indigen *Glomus sp.* (kontrol positif) diterapkan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan semai *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura* yang diinokulasi FMA indigen mempunyai respon pertumbuhan lebih baik dibandingkan yang tidak diinokulasi FMA. Inokulasi FMA indigen meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter batang, biomassa, indeks mutu bibit dan serapan P. FMA *Acaulospora sp.* dan *Mix* memberikan peningkatan pertumbuhan terbaik untuk semai *A. auriculiformis* sedang untuk semai *A. scholaris* dan *M. calabura* inokulasi dengan *Acaulospora sp.* memberikan peningkatan pertumbuhan terbaik.

Kata kunci: Mikoriza, bekas lahan tambang kapur, *Alstonia scholaris*, *Acacia auriculiformis*, *Muntingia calabura*

ABSTRACT

The application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) is a solution to produce high quality seedlings. Seedlings inoculated by AMF has high survival rate, especially on extreme land condition such as post mining limestone. *Alstonia scholaris*, *Acacia auriculiformis* and *Muntingia calabura* are tolerant plants species to alkaline and poor soils such as post mining limestone. The research was conducted to determine the effect of inoculation of indigenous AMF from post mining limestone on the seedling growth *A. scholaris*, *A. auriculiformis* and *M. calabura*. A complete randomized design with five treatments of AMF types (*Acaulospora sp.*, *Gigaspora sp.*, mix of *Acaulospora sp.* and *Gigaspora sp.*, *Glomus sp.* and non AMF inoculation) was applied. The results showed that inoculated seedlings with indigenous AMF had higher growth response than non inoculated seedlings of *A. scholaris*, *A. auriculiformis* and *M. calabura*. Indigenous AMF inoculation improved height and stem diameter growth, biomass and quality index of seedlings as well as P uptake. The best increment growth is shown by *A. auriculiformis* seedling after inoculating with *Acaulospora sp.* and mix of *Acaulospora sp.* and *Gigaspora sp.* while inoculation with *Acaulospora sp.* gave the best increment on seedling growth of *A. scholaris* and *M. calabura*.

Keywords: Mycorrhiza, post mining limestone, *A. scholaris*, *A. auriculiformis*, *M. calabura*

I. PENDAHULUAN

Bahan utama dalam pembuatan semen adalah batu kapur. Untuk memenuhi kebutuhannya maka perusahaan semen

melakukan penambangan batu kapur. Proses penambangan tersebut meliputi kegiatan pembukaan lahan, pengeboran, peledakan, pendorongan dan pengangkutan. Proses-proses

tersebut berdampak hilangnya vegetasi, horizon tanah rusak, sisa bahan galian tertimbun dan aktivitas alat berat di lahan tersebut. Dampak aktivitas penambangan ini menyebabkan lapisan *top soil* hilang, kandungan bahan organik rendah, kandungan unsur hara tersedia rendah, pemadatan tanah, pH tinggi, suhu tanah tinggi dan diversitas mikroba pada lahan yang sudah ditinggalkan (bekas tambang) rendah. Dengan demikian lahan bekas tambang kapur mempunyai karakteristik kesuburan tanah yang rendah baik fisik, kimia dan biologi. Hal tersebut tentu saja merupakan masalah yang harus dihadapi dalam upaya rehabilitasi lahan bekas tambang kapur terutama dalam kegiatan revegetasi.

Teknologi yang tepat diperlukan untuk mendukung keberhasilan rehabilitasi lahan bekas tambang kapur. Pemanfaatan mikroba tanah potensial seperti Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan salah satu alternatif yang harus dilakukan. Mosse *et al.* (1981) menyatakan bahwa fase bibit merupakan fase yang sangat tergantung pada mikoriza. Inokulasi mikoriza pada bibit tanaman terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan bibit. Asosiasi (simbiosis) antara FMA dengan akar tanaman mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sehingga dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang marginal seperti lahan bekas tambang kapur. Namun, inokulum fungi mikoriza yang digunakan sebaiknya merupakan fungi mikoriza yang adaptif di lokasi tersebut.

Selain jenis FMA yang tepat, pemilihan jenis tanaman juga akan memengaruhi keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang khususnya tambang kapur. *Muntingia calabura* (kersen), *Acacia auriculiformis* (akasia) dan *Alstonia scholaris* (pulai) merupakan jenis tanaman yang toleran terhadap tanah miskin hara dan alkalin seperti tanah di lahan bekas

tambang kapur. Ketiga jenis merupakan jenis yang cepat tumbuh dan kayunya dapat digunakan sebagai kayu bakar. Selain itu, jenis tanaman tersebut terutama *M. calabura* dan *A. auriculiformis* mempunyai fungsi ekologis pada habitatnya. Sebagai jenis pioner yang *evergreen*, tanaman tersebut menyediakan naungan bagi jenis tanaman lain untuk dapat hidup dan juga mampu meningkatkan fisik-kimia tanah. Hal itu menyebabkan tanaman tersebut merupakan jenis yang tepat untuk dipilih dalam kegiatan reklamasi lahan bekas tambang seperti lahan bekas tambang kapur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula indigen dari tanah bekas tambang kapur terhadap respon pertumbuhan tiga jenis semai tanaman (*A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura*).

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah rumah kaca dan laboratorium mikrobiologi Balai Penelitian Kehutanan Makassar. Penelitian dilakukan pada bulan April – Nopember 2009.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah isolat FMA indigen dari tanah bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa, Isolat FMA non indigen jenis *Glomus sp.* dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, pasir, tanah dari lahan bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa, benih *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura*. Bahan kimia berupa alkohol 50%, KOH 10%, aquades, larutan HCL 2%, asam laktat, *acid fuchsin*, larutan hipoklorit 2,5% dan fumigan dengan bahan aktif Dazomet 98%. Alat yang digunakan antara lain gelas plastik, bak plastik, mikroskop, *object glass* dan *deck glass*, otoclaf, cawan petri, gelas ukur, erlenmeyer, pipet tetes, ayakan tanah, oven listrik, mistar, kaliper dan timbangan digital.

Tabel 1. Sifat kimia dan fisika tanah di lahan bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa
Table 1. *Physic and Chemical of Soil Properties on Limestone Post-Mine Area of PT. Semen Tonasa*

Sifat (Properties)	Nilai (Value)	Harkat* (Criteria)
pH H ₂ O	8,14	Agak alkalis
pH KCl	7,32	-
C-org (%)	1,75	Rendah (Low)
N-total (%)	0,12	Rendah (Low)
P tersedia (P available) (ppm)	19,2	Rendah (Low)
Ca tertukar (Ca exchangeable) (me/100 g)	115,75	Sangat tinggi (Verry High)
Mg tertukar (Mg exchangeable) (me/100 g)	2,74	Sedang (Moderate)

Tabel 1. Lanjutan
Table 1. Continued

Sifat (Properties)	Nilai (Value)	Harkat* (Criteria)
K tertukar (<i>K exchangeable</i>) (me/100 g)	0,12	Rendah (<i>Low</i>)
Na tertukar (<i>Na exchangeable</i>) (me/100 g)	0,22	Rendah (<i>Low</i>)
KTK (<i>CEC</i>) (me/100 g)	21,21	Sedang (<i>Moderate</i>)
Tekstur (<i>Texture</i>) :		Kelas Tekstur (<i>Class of Texture</i>)
- pasir (<i>sand</i>) (%)	32,59	
- debu (<i>silt</i>) (%)	44,28	Lempung berdebu
- liat (<i>clay</i>) (%)	23,59	(<i>Silty loam</i>)

Keterangan : *Harkat menurut Pusat Penelitian Tanah dalam Hardjowigeno (2003)
Remarks : *Criteria according to Center of Soil Research in Hardjowigeno (2003)

C. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang diterapkan adalah jenis isolat FMA yang diisolasi dari tanah bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa. Perlakuan dalam percobaan adalah sebagai berikut:

Kontrol negatif : Tanpa inokulasi FMA

Kontrol positif : Inokulasi dengan inokulum *Glomus* sp.

Aca : Inokulasi dengan inokulum FMA *Acaulospora* sp.

Gig : Inokulasi dengan inokulum FMA *Gigaspora* sp.

Mix : Inokulasi dengan inokulum campuran *Acaulospora* sp dan *Gigaspora* sp.

Inokulum FMA *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. merupakan FMA indigen hasil isolasi dari tanah bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa. Inokulum *Glomus* sp. yang digunakan pada perlakuan kontrol positif merupakan inokulum FMA yang telah diuji coba pada beberapa jenis tanaman dan terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Inokulum tersebut diperoleh dari laboratorium Mikrobiologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi.

Jenis tanaman yang diuji coba pada penelitian ini ada 3 jenis yaitu *A. sholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura*. Setiap perlakuan terdiri dari 50 ulangan sehingga untuk setiap jenis tanaman terdapat 250 unit percobaan. Pelaksanaan penelitian dan pengamatan untuk tiap jenis tanaman dilakukan pada waktu yang berbeda-beda. Pengamatan pertumbuhan *M. calabura* dilakukan pada bulan April - Juni, *A. auriculiformis* pada bulan Juli - September dan *A. sholaris* pada bulan September - Nopember.

Pengamatan dan Pengukuran

1. **Pertumbuhan tinggi semai.** Pengukuran tinggi semai dilakukan mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh pucuk semai dengan menggunakan mistar. Rata-rata tinggi awal bibit pada saat disapih dan diinokulasi adalah 2 cm untuk *A.scholaris* dan *M.calabura*, sedang untuk *A.auriculiformis* adalah 4 cm. Pengukuran dilakukan setiap 2 minggu sekali selama 3 bulan.

2. **Pengukuran diameter batang.** Pengukuran diameter batang menggunakan kaliper yang dilakukan pada ketinggian 1 cm di atas pangkal batang. Pengukuran dilakukan sekali saat semai berumur 3 bulan.

3. **Biomassa semai.** Biomassa semai dihitung berdasarkan berat kering semai. Semai dioven pada suhu 80°C dan dilakukan penimbangan hingga mencapai berat konstan.

4. **Indeks mutu bibit**

Indeks mutu bibit (IMB) dihitung memakai metode Roller (Soedarmo 1993):

$$IMB = \frac{\text{Bobot kering bibit (g)}}{\frac{\text{Tinggi bibit (cm)}}{\text{Diameter bibit (mm)}} + \frac{\text{Bobot kering pucuk (g)}}{\text{Bobot kering akar (g)}}}$$

5. **Persen kolonisasi FMA.** Pengamatan kolonisasi FMA dilakukan dengan metode pewarnaan akar yang dimodifikasi. Perhitungan persentase kolonisasi akar menggunakan metode panjang akar terkolonisasi (*silde*).

6. **Serapan P.** Perhitungan serapan P berdasarkan hasil kali kadar P dengan biomassa semai. Pengukuran kadar P tanaman dilakukan di Laboratorium Tanah Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Makassar.

7. **Analisis kimia dan fisika tanah.**
Penetapan sifat kimia dan fisika tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Makassar.

D. Analisis Data

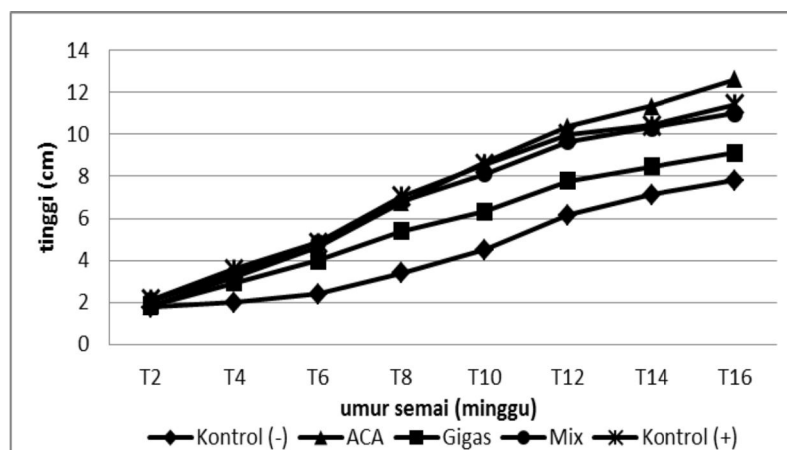
Data pengamatan yang diperoleh dianalisis dengan uji F (analisis varian). Apabila hasil uji F berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (BNJD).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

1. Respon pertumbuhan semai *A. scholaris* terhadap inokulasi FMA indigen

Pengamatan pertumbuhan tinggi setiap 2 minggu menunjukkan semai yang diinokulasi FMA mempunyai respon yang lebih baik dibanding yang tidak diinokulasi FMA (kontrol negatif). Pada umur 2 minggu pertumbuhan tinggi semai *A. scholaris* yang diinokulasi FMA hampir sama dengan kontrol negatif. Pada umur 4 minggu pertumbuhan semai *A. scholaris* yang diinokulasi FMA menunjukkan hasil yang lebih baik dari pada kontrol (-). Setelah 6 - 14 minggu peningkatan pertumbuhan tinggi semai *A. scholaris* yang diinokulasi FMA sangat berbeda dibandingkan dengan kontrol (-). Hal ini menunjukkan pengaruh asosiasi FMA mulai terlihat setelah inokulasi lebih dari 4 minggu. Kurva pertumbuhan semai *A. scholaris* setiap 2 minggu ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva pertumbuhan tinggi semai *A. scholaris* sampai umur 16 minggu akibat inokulasi FMA.

Figure 1. Height growth curves of *A. scholaris* seedling until 16th weeks due to AMF inoculation.

Inokulasi FMA berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter, biomassa, indeks mutu bibit, kolonisasi mikoriza dan serapan P semai *A. scholaris* umur 16 minggu. Selain itu inokulasi FMA memberikan hasil yang lebih baik dari pada semai yang tidak diinokulasi FMA (kontrol negatif) seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Inokulasi FMA indigen *Acaulospora* sp. memberikan hasil pertumbuhan tinggi, diameter, indeks mutu bibit dan biomassa semai terbaik. Inokulasi FMA non indigen *Glomus* sp. (Kontrol positif) memberikan hasil serapan P terbaik, namun tidak berbeda nyata dengan semai *A. scholaris* yang diinokulasi

Acaulospora sp. Dengan demikian untuk semai *A. scholaris*, jenis FMA indigen yang efektif meningkatkan pertumbuhan semai adalah *Acaulospora* sp.

Inokulasi FMA indigen pada semai *A. scholaris* meningkatkan pertumbuhan dibandingkan kontrol (-)/tidak diinokulasi. Asosiasi inokulum FMA indigen pada akar tanaman *A. scholaris* efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal tersebut ditunjukkan dengan peningkatan setiap variabel pertumbuhan. Namun demikian inokulasi FMA *Acaulospora* sp. yang memberikan peningkatan pertumbuhan terbaik pada semai dibandingkan dengan inokulasi FMA indigen yang lain.

Tabel 2. Pengaruh inokulasi FMA terhadap pertumbuhan semai *A. scholaris* umur 16 minggu
Table 2. The effect of AMF inoculation to the Growth of *A. scholaris* seedling at 16th weeks

Perlakuan/Jenis Inokulum FMA (Treatment/Type of AMF inoculums)	Variabel pengamatan (Variables of observation)					
	Tinggi (cm) (Height)	Diameter (mm) (Diameter)	Biomassa (gram) (Biomass)	Indeks mutu bibit (Quality index of seedling)	Kolonisasi FMA (%) (AMF Colonisation)	Serapan P (gram) (P uptake)
Kontrol negatif	8,53 a	2,12 a	0,62 a	0,126 a	23,36 a	0,025 a
Giga	9,12 a	2,51 b	0,85 b	0,193 b	47,42 c	0,030 a
Aca	12,35 c	3,11 c	1,39 e	0,279 d	31,19 ab	0,110 c
Mix	11,12 b	2,69 b	0,99 c	0,194 b	36,26 bc	0,087 b
Kontrol positif	11,43 b	3,02 c	1,17 d	0,231 c	40,91 bc	0,121 c

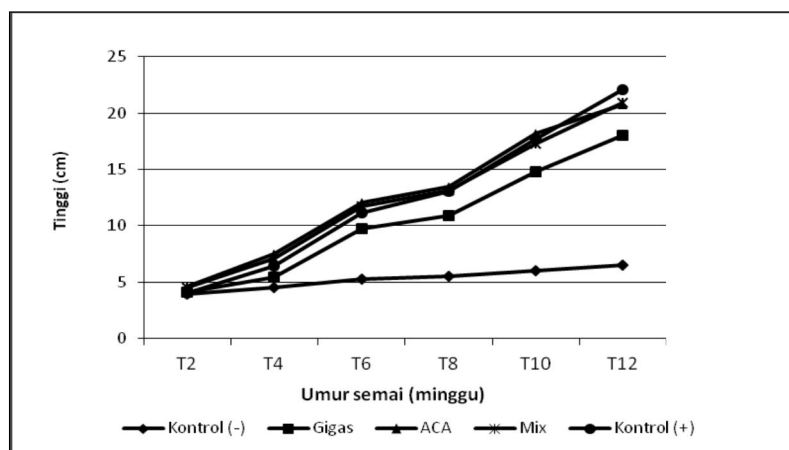
Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan

Remarks : Number that followed by the same letters at the same column are non significant at 5% level according to Duncan Test)

Apabila dibandingkan dengan pertumbuhan semai *A. scholaris* yang diinokulasi FMA *Glomus* sp. (kontrol positif) maka inokulasi dengan FMA *Acaulospora* sp. juga memberikan pengaruh peningkatan pertumbuhan lebih baik pada semai dari pada inokulasi dengan jenis FMA indigen yang lain. Bahkan untuk variabel tinggi, diameter, biomassa dan indeks mutu bibit, inokulasi dengan FMA indigen jenis *Acaulospora* sp. memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan inokulasi FMA non indigen *Glomus* sp. (kontrol positif). Peningkatan pertumbuhan semai *A. scholaris* yang diinokulasi FMA indigen terhadap semai pulai yang diinokulasi FMA non indigen *Glomus* sp. (kontrol positif).

2. Respon pertumbuhan semai *A. auriculiformis* terhadap inokulasi FMA indigen

Pengamatan pertumbuhan tinggi semai *A. auriculiformis* setiap 2 minggu menunjukkan semai yang diinokulasi FMA mempunyai pertumbuhan tinggi yang lebih baik dari pada semai yang tidak diinokulasi FMA (kontrol negatif). Pada umur 2 minggu peningkatan pertumbuhan tinggi semai yang diinokulasi FMA hampir sama dengan kontrol negatif. Pada umur 4 minggu pertumbuhan semai *A. auriculiformis* yang diinokulasi FMA mulai menunjukkan hasil yang lebih baik dari pada kontrol (-). Setelah 6 - 12 minggu peningkatan pertumbuhan tinggi semai yang diinokulasi FMA sangat berbeda dibandingkan dengan kontrol (-). Hal ini menunjukkan pengaruh asosiasi FMA mulai terlihat setelah inokulasi lebih dari 4 minggu. Kurva pertumbuhan semai *A. auriculiformis* setiap 2 minggu ditunjukkan pada Gambar 2. Tren pertumbuhan seperti ini sama dengan tren pertumbuhan pada semai *A. Scholaris*.



Gambar 2. Kurva pertumbuhan tinggi semai *A. auriculiformis* sampai umur 12 minggu akibat inokulasi FMA.

Figure 2. Height growth curves of *A. auriculiformis* seedling until 12th weeks due to AMF inoculation.

Inokulasi FMA pada semai *A. auriculiformis* menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap tinggi, diameter, biomassa, indeks mutu bibit, infeksi mikoriza dan serapan P semai *A. auriculiformis* umur 12 minggu. Selain itu, inokulasi FMA menghasilkan pertumbuhan semai yang lebih baik dari pada semai *A. auriculiformis* yang tidak diinokulasi FMA (kontrol negatif) seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Inokulasi FMA indigen *Acaulospora* sp. memberikan hasil pertumbuhan diameter, kolonisasi FMA dan serapan P terbaik. Inokulasi FMA *Mix* memberikan hasil indeks mutu bibit terbaik. Inokulasi FMA *Glomus* sp. (kontrol positif) memberikan hasil pertumbuhan tinggi dan biomassa semai terbaik, diikuti *Mix*, *Acaulospora* sp dan *Gigaspora* sp. Dengan demikian untuk semai *A. auriculiformis*, jenis FMA indigen yang efektif meningkatkan pertumbuhan semai adalah *Acaulospora* sp.

dan *Mix*. Walaupun untuk pertumbuhan tinggi dan biomassa semai, inokulasi *Acaulospora* sp dan *Mix* menunjukkan hasil lebih rendah dibandingkan FMA non indigen *Glomus* sp.(kontrol positif) tetapi tidak berbeda nyata.

Inokulasi FMA indigen terhadap semai *A. auriculiformis* mampu meningkatkan pertumbuhan dibandingkan dengan kontrol (-) /tidak diinokulasi FMA. Namun demikian inokulasi FMA *Acaulospora* sp. dan *Mix* yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dibandingkan dengan inokulasi dengan FMA indigen yang lain (*Gigaspora* sp.). Apabila dibandingkan dengan pertumbuhan semai *A. auriculiformis* yang diinokulasi FMA non indigen *Glomus* sp. (kontrol positif) maka inokulasi dengan FMA indigen *Mix* dan *Acaulospora* sp. juga memberikan pengaruh pertumbuhan paling baik dibanding inokulasi FMA indigen lainnya (*Gigaspora* sp.)

Tabel 3. Pengaruh inokulasi FMA terhadap pertumbuhan semai *A. auriculiformis* umur 12 minggu
Table 3. The effect of AMF inoculation to growth of *A. auriculiformis* at 12th weeks)

Perlakuan/Jenis Inokulum FMA (Treatment/Type of AMF inoculum)	Variabel pengamatan (Observation Variable)					
	Tinggi (cm) (Height)	Diameter (mm) (Diameter)	Biomassa (gram) (Biomass)	Indeks mutu bibit (Quality index of seedling)	Kolonisasi FMA (%) (AMF colonization)	Serapan P (gram) (P Uptake)
Kontrol negatif	6,51 a	1,31 a	0,24 a	0,031 a	28 a	0,02 a
Giga	18,05 b	2,48 b	1,33 b	0,116 b	82 c	0,32 c
Ca	20,79 c	2,64 c	1,64 c	0,141 d	90 c	0,38 c
Mix	20,91 c	2,54 bc	1,73 c	0,143 d	71 bc	0,34 c
Kontrol positif	22,12 d	2,61 c	1,75 c	0,131 c	43 b	0,24 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan

Remarks : Number that followed by the same letters at the same column are non significant at 5% level according to Duncan Test

3. Respon Pertumbuhan *M. calabura* terhadap inokulasi FMA indigen

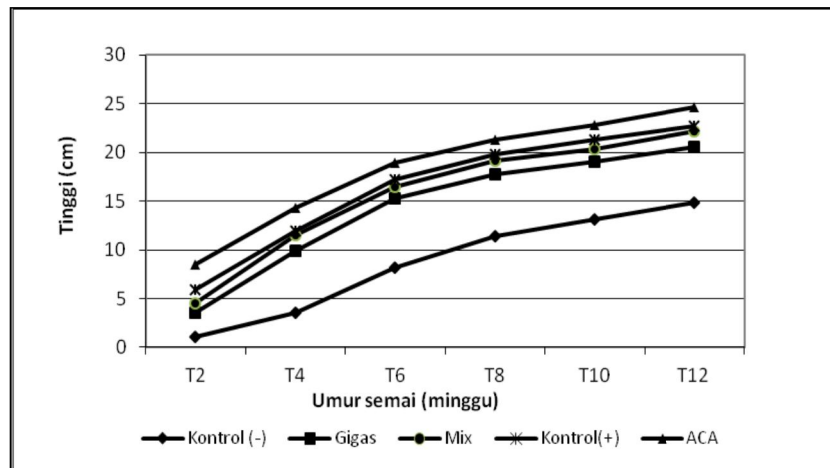
Pengamatan pertumbuhan tinggi setiap 2 minggu menunjukkan semai yang diinokulasi FMA mempunyai pertumbuhan tinggi yang lebih baik dari pada semai yang tidak diinokulasi FMA (kontrol negatif). Pada umur 2 minggu pertumbuhan semai *M. calabura* yang diinokulasi FMA mulai menunjukkan hasil yang lebih baik dari pada kontrol (-). Hal ini menunjukkan pengaruh asosiasi FMA pada semai *M. calabura* mulai terlihat setelah inokulasi lebih dari 2 minggu. Kurva pertumbuhan semai *M. calabura* setiap 2 minggu ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil ini berbeda dengan pertumbuhan semai *A.*

scholaris dan *A.auriculiformis*. Pada pengamatan umur 2 minggu, pertumbuhan semai *A. scholaris* dan *A.auriculiformis* yang diinokulasi FMA hampir sama dengan semai yang tidak diinokulasi FMA (kontrol negatif). Pertumbuhan semai *A. scholaris* dan *A.auriculiformis* yang diinokulasi FMA mulai menunjukkan hasil yang lebih baik daripada kontrol (-), setelah semai berumur 4 minggu (Gambar 1 dan 2).

Inokulasi FMA pada semai *M. calabura* memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi, diameter, biomassa, indeks mutu bibit, dan serapan P pada umur 12 minggu. Namun tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap persen kolonisasi FMA. Semai *M. calabura* yang diinokulasi FMA menunjukkan respon

pertumbuhan yang lebih baik dari pada semai yang tidak diinokulasi FMA (Tabel 4). Inokulasi dengan FMA indigen *Acaulospora* sp. memberikan hasil pertumbuhan tinggi, diameter, dan biomassa semai terbaik. Inokulasi dengan FMA *Mix* memberikan hasil

indeks mutu bibit dan serapan P terbaik, namun tidak berbeda nyata dengan semai *M. calabura* yang diinokulasi *Acaulospora* sp. Dengan demikian untuk semai *M. calabura*, jenis FMA indigen yang efektif meningkatkan pertumbuhan semai adalah *Acaulospora* sp.



Gambar 3. Kurva pertumbuhan tinggi semai *M. calabura* sampai umur 12 minggu akibat inokulasi FMA.

Figure 3. Height growth curves of *M. calabura* seedling until 12th weeks due to AMF inoculation.

Tabel 4. Pengaruh inokulasi FMA terhadap pertumbuhan semai *M. calabura* umur 12 minggu
Table 4. The effect of AMF inoculation to growth of *M. calabura* seedling at 12th weeks

Perlakuan/Jenis Inokulum FMA (Treatment/Type of AMF inoculum)	Variabel pengamatan (Variable of observation)					
	Tinggi (cm) (Height)	Diameter (mm) (Diameter)	Biomassa (gram) (Biomass)	Indeks mutu bibit (Quality index of seedling)	Kolonisasi FMA (%) (AMF colonization)	Serapan P (gram) (P uptake)
Kontrol negatif	14,90 a	2,90 a	0,83 a	0,152 a	56,87 a	0,075 a
Giga	20,58 b	3,74 b	1,79 b	0,259 b	45,05 a	0,125 b
Aca	24,61 d	4,27 d	2,23 c	0,292 c	50,43 a	0,182 c
Mix	22,16 c	3,98 c	1,93 b	0,304 c	50,99 a	0,209 c
Kontrol positif	22,69 c	3,79 bc	1,89 b	0,259 b	55,55 a	0,208 c

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan

Remarks : Number that followed by the same letters at the same column are non significant at 5% level according to Duncan Test

Persen kolonisasi FMA semai *M. calabura* yang diinokulasi FMA indigen dan FMA non indigen menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata, bahkan lebih rendah dari pada tingkat kolonisasi FMA semai yang tidak diinokulasi FMA (Tabel 4). Hal ini menunjukkan proses sterilisasi media semai tidak efektif atau terkontaminasi oleh spora FMA dari lingkungan sekitar. Walaupun perlakuan kontrol negatif mempunyai tingkat kolonisasi FMA lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lain, namun tingginya tingkat kolonisasi FMA tersebut tidak memberikan

pengaruh yang nyata terhadap peningkatan pertumbuhan semai.

Inokulasi FMA indigen terhadap semai *M. calabura* mampu meningkatkan pertumbuhan dibanding dengan kontrol (-) /tidak diinokulasi FMA. Hal ini menunjukkan asosiasi inokulum FMA indigen pada akar tanaman *M. calabura* efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman. Namun demikian inokulasi FMA indigen jenis *Acaulospora* sp. yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dibandingkan dengan semai yang inokulasi dengan FMA indigen yang lain.

Inokulasi dengan FMA *Acaulospora* sp. juga memberikan pengaruh peningkatan pertumbuhan terbaik apabila dibandingkan dengan pertumbuhan semai *M. calabura* yang diinokulasi FMA non indigen *Glomus* sp. (kontrol positif). Walaupun indeks mutu bibit dan serapan P semai pada perlakuan kontrol positif dan *Mix* mempunyai peningkatan lebih tinggi, namun hasil uji lanjut Duncan (Tabel 3) menunjukkan tidak berbeda nyata dengan *Acaulospora* sp.

B. PEMBAHASAN

1. Pengaruh Inokulasi FMA indigen terhadap pertumbuhan tinggi semai *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura* pada umur 2 - 12 minggu

Pengamatan pertumbuhan tinggi semai *A. scholaris* dan *A. auriculiformis* setiap 2 minggu (Gambar 1 dan 2) menunjukkan kecenderungan pertumbuhan yang hampir sama. Inokulasi FMA indigen mulai berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi setelah umur 4 minggu. Inokulasi FMA indigen pada semai *M. calabura* mulai nampak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi setelah umur 2 minggu. Perbedaan waktu mulai nampaknya pengaruh inokulasi FMA pada tiap jenis tanaman, disebabkan 2 hal yaitu pengaturan keseimbangan karbon dalam hal ini adalah karbohidrat sebagai hasil fotosintesis dan kondisi kesuburan media semai.

Pada awal pertumbuhan, diduga semai belum mampu mencukupi kebutuhan karbohidrat untuk metabolisme simbiotik. Jakobsen dan Rosendahl dalam Pietikainen & Kytoviita (2007) menyatakan sebanyak 20% karbohidrat hasil fotosintesis akan dialokasikan ke fungi mikoriza yang bersimbiosis dengan tanaman. Untuk semai *M. calabura*, diduga pada awal pertumbuhan (minggu 1 - 2) karbon hasil fotosintesis tidak dialokasikan untuk simbiosis di akar tetapi diutamakan untuk menjamin semai *M. calabura* agar dapat bertahan hidup. Setelah semai berumur 2 minggu, karbon hasil fotosintesis sudah ditranslokasikan untuk simbiosis di akar sehingga FMA yang bersimbiosis di akar mulai berkembang dan memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi semai *M. calabura*. Hal yang sama juga terjadi pada semai *A. scholaris* dan *A. auriculiformis*. Namun untuk kedua jenis semai tersebut, alokasi karbon ke simbiosis di akar mulai terjadi setelah

semai berumur 4 minggu sehingga simbiosis FMA pada kedua jenis semai tersebut mulai memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan. Adanya simbiosis FMA pada akar tanaman akan meningkatkan pertumbuhan tanaman karena terjadi peningkatan suplai dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

Simbiosis FMA pada akar tanaman ditunjukkan dengan adanya struktur hifa, arbuskula dan vesikula. Adanya hifa FMA terutama hifa eksternal pada akar tanaman akan memperluas permukaan penyerapan nutrisi (Smith dan Read, 2008). Luas permukaan penyerapan akar yang berasosiasi dengan FMA meningkat lebih dari 1.800% (18 kali) dibandingkan dengan akar yang tidak bermikoriza (Orcutt dan Nielsen, 2000). Waktu yang diperlukan oleh FMA untuk membentuk struktur hifa, arbuskula dan vesikula tergantung pada kondisi media tanam. Perkembangan FMA pada akar tanaman juga akan memerlukan waktu lama bila kondisi media tanam tidak mendukung. Dengan demikian juga memengaruhi waktu mulai nampaknya pengaruh inokulasi FMA terhadap pertumbuhan semai. Inokulasi FMA pada semai *Vitex cofassus* yang ditumbuhkan di media tanam tanah bekas tambang nikel (masam) mulai memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan setelah 7 minggu (Jaya, 2011). Pada media tanam tanah yang terkontaminasi arsen, pengaruh inokulasi FMA terhadap pertumbuhan tanaman *Melastoma malabricum* mulai nampak pada umur 8 minggu (Jankong & Visoottiviseth, 2008). Pada penelitian ini, pengaruh inokulasi FMA mulai nampak pada umur 2 minggu untuk semai *M. calabura* dan umur 4 minggu untuk semai *A. scholaris* dan *A. auriculiformis* yang ditumbuhkan pada media tanam tanah bekas tambang kapur.

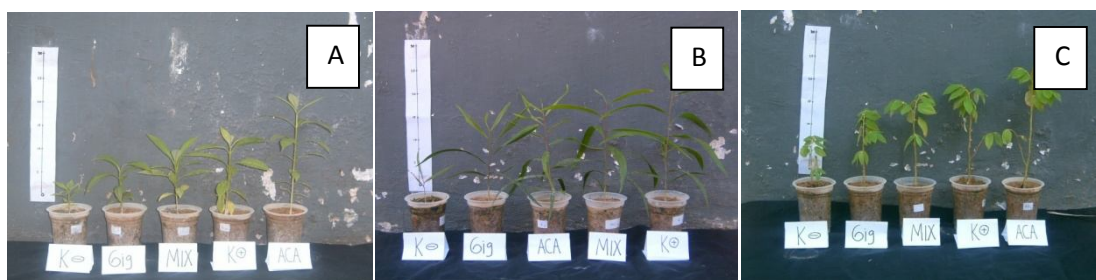
2. Pengaruh Inokulasi FMA indigen terhadap pertumbuhan tinggi, diameter, biomassa, indeks mutu bibit dan serapan P semai *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura* pada umur 12 minggu

Secara umum inokulasi FMA indigen meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter, biomassa, indeks mutu bibit dan serapan P semai *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura*. Media tanam adalah tanah bekas bahan galian yang tersebar di lahan bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa. Hasil analisis kimia tanah tersebut (Tabel 1) menunjukkan tingkat kesuburan tanah tersebut mempunyai tingkat kesuburan yang rendah. Kandungan unsur hara yang rendah terutama unsur hara makro N, P dan K menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat. Semai *A.*

scholaris, *A. auriculiformis* dan *M. calabura* yang tidak diinokulasi FMA mempunyai pertumbuhan tinggi yang paling rendah (Tabel 2, 3 dan 4; Gambar 4). Menurut Taiz dan Zeiger dalam Setyaningsih (2007) gejala paling menonjol dari defisiensi unsur hara adalah pertumbuhan yang sangat terhambat sehingga tanaman menjadi kerdil.

Semai *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura* yang diinokulasi FMA indigen menunjukkan pertumbuhan tinggi, diameter batang, biomassa, indeks mutu bibit dan serapan P yang lebih tinggi dari pada semai yang tidak diinokulasi FMA. Salah satu cara meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah

menginokulasi akar tanaman dengan fungi pembentuk mikoriza (Setiadi dalam Karepesina, 2007). Asosiasi FMA pada akar tanaman mampu meningkatkan penyerapan unsur hara dan air. Peningkatan unsur hara terjadi karena hifa eksternal FMA memperluas jangkauan penyerapan unsur hara dan menyediakan permukaan yang lebih efektif (lebih ekstensif dan lebih baik penyebarannya) dalam menyerap unsur hara dari tanah yang kemudian akan dipindahkan ke akar inang. Selain itu hifa FMA yang berukuran lebih kecil (sepersepuluh) dari rambut akar (Orcutt dan Nielsen, 2000) mampu menjangkau dan menyerap unsur hara yang terdapat dalam pori tanah yang lebih kecil dimana rambut akar tidak mampu menjangkaunya.



Keterangan: Semai *A. scholaris*, *A. Auriculiformis* dan *M. calabura* umur 12 minggu yang tidak diinokulasi FMA (K (-)), diinokulasi FMA indigen jenis *Gigaspora sp.* (Gig), *Acaulospora sp.* (Aca), dan campuran *Gigaspora sp* dan *Acaulospora sp.* (Mix) serta FMA non indigen jenis *Glomus sp.* (Kontrol (+))

Remarks : Seedling of *A. scholaris*, *A. Auriculiformis* and *M. calabura* at 12th weeks old that not inoculated by AMF (K-), inoculated by AMF indigen *Gigasporas sp.*, *Acaulospora sp.*, Mix of *Gigaspora sp* and *Acaulospora sp.*, and AMF non indigen *Glomus sp* (K+).

Gambar 4. Perbedaan pertumbuhan semai *A. A. scholaris*, *B. A. Auriculiformis* dan *C. M. calabura* akibat inokulasi FMA. Foto oleh Retno Prayudyaningsih.

Figure 4. Difference of Growth of *A. A. scholaris*, *B. A. Auriculiformis* and *C. M. calabura* seedling due to AMF Inoculation. Photo by Retno Prayudyaningsih.

Hasil analisis tanah media tanam (Tabel 1) menunjukkan bahwa kandungan kalsiumnya (Ca) sangat tinggi. Kandungan Ca yang sangat tinggi dapat menyebabkan rendahnya ketersediaan unsur hara terutama P karena terfiksasi oleh Ca (Du *et al.*, 2013). Fungi mikoriza mampu menghasilkan *ectoenzym* yang memengaruhi eksudasi akar sehingga meningkatkan keterlarutan P (Bucher, 2007). Pengaruh kolonisasi Fungi mikoriza yang sangat besar terhadap pertumbuhan tanaman terutama disebabkan oleh meningkatnya penyerapan P khususnya dari sumber-sumber yang sulit larut (Ross & Jakobsen, 2008; Kahiluoto *et al.*, 2009). Asosiasi FMA pada akar tanaman mampu meningkatkan konsentrasi P pada tanaman (Chen *et al.*, 2005; Dupponois, 2005; Giri *et al.*, 2005). Semai *A. scholaris*, *A.*

auriculiformis dan *M. calabura* yang diinokulasi FMA indigen mempunyai peningkatan serapan P lebih besar dari pada semai yang tidak diinokulasi FMA indigen (Tabel 2, 3 dan 4)

Unsur P merupakan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Unsur P berperan dalam pembentukan senyawa berenergi tinggi yaitu ATP (Bucher, 2007) yang mempunyai peran penting dalam berlangsungnya proses-proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman seperti pembelahan dan pemanjangan sel, respirasi dan fotosintesis. Dengan demikian meningkatnya penyerapan P dalam jaringan tanaman akan meningkatkan proses pembelahan dan pemanjangan sel sehingga meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, semai

A. scholaris, *A. auriculiformis* dan *M. calabura* yang diinokulasi FMA indigen mempunyai serapan P yang lebih tinggi dibanding semai yang tidak diinokulasi FMA. Akibatnya pertumbuhan tinggi dan diameter semai juga meningkat.

Meningkatnya serapan P tanaman karena pengaruh asosiasi FMA juga menyebabkan meningkatnya biomassa tanaman. Semai *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura* yang diinokulasi FMA indigen mempunyai peningkatan biomassa yang lebih tinggi dibanding biomassa semai yang tidak diinokulasi FMA. Tanaman *Casia siamea* dan *Citrus auranticum* yang diinokulasi FMA juga menunjukkan biomassa akar dan pucuk yang lebih besar dibanding yang tidak diinokulasi (Giri *et al.*, 2005; Ortas & Ustuner, 2014). Biomassa menunjukkan kemampuan tanaman dalam mengambil unsur hara dari media tanam untuk menunjang pertumbuhannya (Karepesina, 2007). Meningkatnya biomassa tanaman berkaitan dengan metabolisme tanaman atau adanya kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih baik bagi berlangsungnya aktivitas metabolisme tanaman seperti fotosintesis. Dengan demikian semakin besar biomassa menunjukkan proses fotosintesis berlangsung lebih efisien.

Inokulasi FMA juga sangat berpengaruh terhadap indeks mutu bibit. Semai yang diinokulasi FMA indigen menunjukkan indeks mutu bibit yang lebih baik dibandingkan dengan semai yang tidak diinokulasi FMA (Table 2,3 dan 4). Indeks mutu bibit menunjukkan kesiapan semai untuk ditanam di lapangan. Menurut Roller dalam Soedarmo (1993), semai yang tumbuh baik untuk ditanam di lapangan apabila semai tersebut mempunyai indeks mutu bibit lebih besar dari 0,09. Semai *A. auriculiformis* yang diinokulasi FMA indigen mempunyai indeks mutu bibit lebih dari 0,09 pada umur 12 minggu (3 bulan) di persemaian (Table 4), sedang semai yang tidak diinokulasi FMA indigen mempunyai indeks mutu bibit kurang dari 0,09. Hal ini menunjukkan inokulasi FMA indigen mampu meningkatkan indeks mutu bibit *A. auriculiformis* sehingga dapat mempersingkat waktu persemaiannya.

Semai dengan indeks mutu bibit kurang dari 0,09 menunjukkan semai tersebut belum siap ditanam di lapangan sehingga memerlukan waktu yang lebih lama di persemaian untuk mencapai nilai indeks mutu

bibit lebih dari 0,09. Dengan demikian semai *A. auriculiformis* sudah siap ditanam di lapangan pada umur 3 bulan sedangkan semai yang tidak diinokulasi FMA indigen belum siap ditanam di lapangan dan memerlukan waktu lebih lama di persemaian agar siap ditanam di lapangan. Semai *A. scholaris* dan *M. calabura* yang tidak diinokulasi FMA mempunyai indeks mutu bibit lebih dari 0,09 pada umur 3 bulan di persemaian, namun nilai indeks mutu bibitnya lebih rendah dibandingkan dengan semai yang diinokulasi FMA indigen (Table 2 dan 4). Dengan demikian secara umum, inokulasi FMA indigen mampu meningkatkan indeks mutu bibit.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Inokulasi FMA indigen dari lahan bekas tambang kapur dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter batang, biomassa, indeks mutu bibit dan serapan P semai *A. scholaris*, *A. auriculiformis* dan *M. calabura*. FMA jenis *Acaulospora sp* dan *Mix* (campuran *Acaulospora sp* dan *Gigaspora sp.*) memberikan peningkatan pertumbuhan terbaik untuk semai *A. auriculiformis*, sedang untuk semai *A. scholaris* dan *M. calabura* inokulasi dengan *Acaulospora sp* memberikan peningkatan pertumbuhan terbaik.

B. SARAN

Perlu adanya uji coba di skala lapangan sehingga diketahui pengaruh inokulasi FMA terhadap pertumbuhan tanaman dalam mendukung keberhasilan kegiatan reklamasi lahan bekas tambang kapur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya diberikan kepada Edi Kurniawan dan Abdul Qudus Toaha sebagai teknisi litkayasa Balai Penelitian Kehutanan Makassar, Isnadiyah Juhdi sebagai analis laboratorium dan Mustafa yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan proses pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Bucher, M. (2007). Functional Biology of Plant Phosphate Uptake at Root and Mycorrhiza Interfaces. *New Phytologist*, 173(1), 11-26.
- Chen, B., Ross, P., Borggarrd, O. K., Yong, G. Z., & Jakobsen, I. (2005). Mycorrhiza and Root Hairs in Barley Enhance Acquisition of Phosphorus and Uranium from Phosphate Rock but Mycorrhiza

- Decrease Root to Shoot Uranium Transfer. *New Phytologist*, 165(2), 591-598.
- Du, Z. -Y., Wang, Q.-H., LIU, F.-C., MA, H.-L., MA, B.-Y., & MALHI, S. (2013). Movement of Phosphorus in a Calcareous Soil as Affected by Humic Acid. *Pedosphere*, 29(2), 229 - 235.
- Giri, B., Kapoor, R., & Mukerji, K. (2005). Effect of the Arbuscular Mycorrhizae *Glomus fasciculatum* and *G. macrocarpum* on the Growth and Nutrient Content of *Cassia siamea* in a Semi-Arid Indian Wasteland Soil. *New Forest*, 29, 63 - 73.
- Jankong, P., & Visoottiviseth, P. (2008). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on plants growing on arsenic contaminated soil. *Chemosphere*, 27, 1092-1097.
- Jaya, I.K. (2011). *Aplikasi Mikoriza Arbuskula dengan Mervegetasi Lahan Bekas Tambang Nikel di Kabupaten Kolaka* (Tesis). Makassar: Universitas Hasanuddin. (Tidak dipublikasikan).
- Kahiluoto, H., Ketoja, E., & Vestberg, M. (2009). Contribution of Arbuscular Mycorrhiza to Soil Quality in Contrasting Cropping Systems. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 134 36 - 45.
- Karepesina, S. (2007). *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula dari Bawah Tegakan Jati Ambon (Tectona grandis Linn.f.) dan Potensi Pemanfaatannya* (Tesis). Bogor: Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Mosse, B., D.P.Stribley and F. Le-Tucon.(1981). Ecology of Mycorrhizae and Mycorrhizal Fungi. *Advances in Microbial Ecology*, 5, 137 -210.
- Orcutt, D.M and E.T. Nielsen. (2000). *Physiology of Plants Under Stress: Biotic Factor*. Canada: John wiley & Sons Inc.
- Ortas, I., & Ustuner, O. (2014). Determination of different growth media and various mycorrhizae species on citrus growth and nutrient uptake. *Scientia Horticulturae*, 16, 84 - 90.
- Pietikainen, A., & Kytoviita, M. (2007). Defoliation Changes Mycorrhizal Benefit and Competitive Interactions between Seedlings and Adults Plants. *Journal of Ecology*, 95(4), 639 - 647.
- Ross, P., & Jakobsen, I. (2008). Arbuscular mycorrhiza reduces phytoextraction of uranium, thorium and other elements from phosphate rock. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99, 811 - 8119.
- Soedarmo, S.P.K. (1993). *Pengaruh Jenis Media dan Naungan serta inokulasi Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Semai Ulin (Eusideroxylon zwageri T et B)*. (Tesis S-2). Pasca Sarjana, Program Studi Ilmu Kehutanan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. (Tidak dipublikasikan).
- Setyaningsih, L. (2007). *Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Kompos Aktif Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Mindi (Melia azedarach Linn.) pada Media Tailing Tambang Emas Pongkor*. (Tesis). Bogor: Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Smith, S.E dan D.J. Read. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Ed ke-3. Academic Press. California.

